

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та комп'ютерних технологій



Кафедра «Технічний сервіс в АПК»

ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА
ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

Методичні вказівки до практичної роботи №5
на тему: **«РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПОСАДОК З НАТЯГОМ»**

напрямок підготовки 6.050503 «Машинобудування»

ОКР Бакалавр
(на основі повної загальної середньої освіти)

2018

Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання.
Методичні вказівки до практичної роботи №5 на тему
«РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПОСАДОК З НАТЯГОМ» для студентів
напрям підготовки 6.050503 «Машинобудування» ОКР Бакалавр (на
основі повної загальної середньої освіти) Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2018. – 16 с.

Розробили: к.т.н., проф. Серий І.С.,
к.т.н., доц. Паніна В.В.,
ас. Полудненко О.В.

Рецензент: доц. Дашивець Г.І.

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри
“Технічний сервіс в АПК” .
Протокол № від . .2018 р.

Схвалено і рекомендовано до впровадження в навчальний процес
методичною комісією факультету інженерії та комп’ютерних
технологій
Протокол № від . .2018 р.

РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПОСАДОК З НАТЯГОМ

Практична робота № 5

МЕТА РОБОТИ: навчитися розраховувати посадки з натягом.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

Вивчити методику розрахунку і вибору посадок з натягом з урахуванням конкретних умов роботи з'єднання, розмірів, матеріалу, питомого тиску, шорсткості поверхонь [1 с. 204-210].

1.2 Питання для самопідготовки

1.2.1 Які є способи вибору посадок?

1.2.2 Яке призначення посадок з натягом? Привести приклади застосування.

1.2.3 Для чого розраховується найменший питомий тиск в площині контакту вала і втулки при дії крутного моменту?

1.2.4 Як розраховується найменший допустимий натяг?

1.2.5 Як визначають розрахунковий натяг з урахуванням руйнування мікронерівностей на поверхні контакту?

1.2.6 Які умови вибору стандартної посадки за ДСТУ 2500-94?

1.2.7 Яка послідовність перевірки вибраної стандартної посадки на міцність?

1.2.8 Як розрахувати зусилля запресування при складанні нерухомих з'єднань на пресах?

1.3 Рекомендована література

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник / І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.

2. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. –

367 с.

3. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – Київ.: Урожай, 1995. – 264 с.

4. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник. – 5-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1979.– 343 с.

5. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для втузов/А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – 6-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1986.– 352 с.

2 ВКАЗІВКИ З ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Програма роботи

2.1.1 Розрахувати мінімальний тиск на контактних поверхнях з'єднання, необхідний для передавання заданого крутного моменту.

2.1.2 Розрахувати мінімальний натяг, що забезпечує нерухомість з'єднання.

2.1.3 Визначити розрахунковий натяг, враховуючи руйнування мікронерівностей на поверхні контакту.

2.1.4 Вибрати стандартну посадку.

2.1.5 Перевірити міцність з'єднання.

2.1.6 Розрахувати зусилля запресування при складанні з'єднання на пресі.

2.1.7 Побудувати схему розташування полів допусків з'єднання.

2.1.8 Викреслити ескізи з'єднання та його деталей.

2.2 Вихідні дані до виконання роботи

Номінальний діаметр

$d_n = 60$ мм;

Зовнішній діаметр втулки

$d_2 = 120$ мм;

Довжина спряження $l = 40$ мм;

Крутний момент $M_{кр} = 200$ Н·м;

Шорсткість отвору

$R_{zD} = 6,3$ мкм;

Шорсткість вала

$R_{zd} = 6,3$ мкм;

Матеріал деталей з'єднання

сталь 40; $\sigma_T = 340$ МПа

2.3 Рекомендації щодо виконання роботи й оформлення звіту

2.3.1 Розрахунок і вибір посадок з натягом

2.3.1.1 Розраховуємо мінімальний тиск на контактних поверхнях з'єднання, необхідний для передавання заданого крутного моменту

$$P_{\min} = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{\pi \cdot d_n^2 \cdot l \cdot f}, \quad (1)$$

де $M_{\text{кр}}$ – крутний момент, Н·м;

d_n – номінальний діаметр з'єднання, м;

l – довжина з'єднання, м;

f – коефіцієнт тертя; він дорівнює 0,085 при терті ”сталь по сталі”

$$P_{\min} = \frac{2 \cdot 200}{3,14 \cdot 0,06^2 \cdot 0,04 \cdot 0,085} = 10407560 \text{ Н/м}^2 = 10,4 \text{ МПа}$$

2.3.1.2 Розраховуємо мінімальний натяг, що забезпечує нерухомість з'єднання

$$N_{\min} = P_{\min} \cdot d_n \left(\frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right), \quad (2)$$

де C_D , C_d – коефіцієнти, що залежать від розмірів отвору та валу;

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{d_H}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_H}{d_2} \right)^2} + \mu_D; \quad (3)$$

$$C_d = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d_H} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d_H} \right)^2} - \mu_d; \quad (4)$$

де d_2 – зовнішній діаметр втулки, мм;

d_1 – діаметр отвору вала ($d_1=0$ для суцільного вала), мм;

E_d, E_D - модулі пружності матеріалу втулки та вала, Па,

$E_d = E_D = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па;

μ_D, μ_d – коефіцієнти Пуассона матеріалів втулки та вала,

$\mu_D = 0,3; \mu_d = 0,3;$

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{0,06}{0,12} \right)^2}{1 - \left(\frac{0,06}{0,12} \right)^2} + 0,3 = 1,97;$$

$$C_d = 1 - 0,3 = 0,7;$$

$$N_{\min} = 10,4 \cdot 10^6 \cdot 0,06 \left(\frac{1,97}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{0,7}{2,1 \cdot 10^{11}} \right) = 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 7,9 \text{ мкм.}$$

2.3.1.3 Визначаємо розрахунковий натяг, враховуючи руйнування мікронерівностей на поверхні контакту

$$N_{\text{розр}} = N_{\min} + 1,2 (Rz_D + Rz_d); \quad (5)$$

$$N_{\text{розр}} = 7,9 + 1,2 (6,3 + 6,3) = 23 \text{ мкм.}$$

2.3.1.4 Вибираємо стандартну посадку, яка задовольняє умові

$$N_{\min \text{ ст}} \geq N_{\text{розр}}, \quad (6)$$

де $N_{\min \text{ ст}}$ - найменший стандартний натяг вибраної посадки;

Умову (6) задовольняє посадка $\text{Ø}60 \frac{\text{H}7}{\text{u}7}$ (Додаток А), у якої

$N_{\min \text{ ст}} = 57 \text{ мкм}$, а $N_{\max \text{ ст}} = 117 \text{ мкм}$.

2.3.1.5 Перевіряємо міцність з'єднання за умовою

$$P_{\max} \leq P_{\text{прип}}, \quad (7)$$

де P_{\max} , $P_{\text{прип}}$ - найбільший і припустимий питомий тиск на контактних поверхнях, Па;

$$P_{\max} = \frac{N_{\max} - 1,2(R_{\text{zd}} + R_{\text{zd}})}{d_{\text{H}} \left(\frac{C_{\text{D}}}{E_{\text{D}}} + \frac{C_{\text{d}}}{E_{\text{d}}} \right)}, \quad (8)$$

$$P_{\max} = \frac{(117 - 1,2(6,3 + 6,3)) \cdot 10^{-6}}{0,06 \left(\frac{1,97}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{0,7}{2,1 \cdot 10^{11}} \right)} = 133 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 133 \text{ МПа}.$$

За умовою вал суцільний, тому перевіряємо тільки міцність втулки.

$$P_{\text{прип}} = 0,58 \sigma_{\text{т}} \left[1 - \left(\frac{d_{\text{H}}}{d_2} \right)^2 \right], \quad (9)$$

де $\sigma_{\text{т}}$ - межа текучості матеріалу втулки і вала; для сталі 40 вона дорівнює $340 \cdot 10^6 \text{ Па}$;

$$P_{\text{прип}} = 0,58 \cdot 340 \cdot 10^6 \left[1 - \left(\frac{0,06}{0,12} \right)^2 \right] = 148 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 148 \text{ МПа};$$

Перевіряємо умову (7)

$$133 \text{ МПа} < 148 \text{ МПа};$$

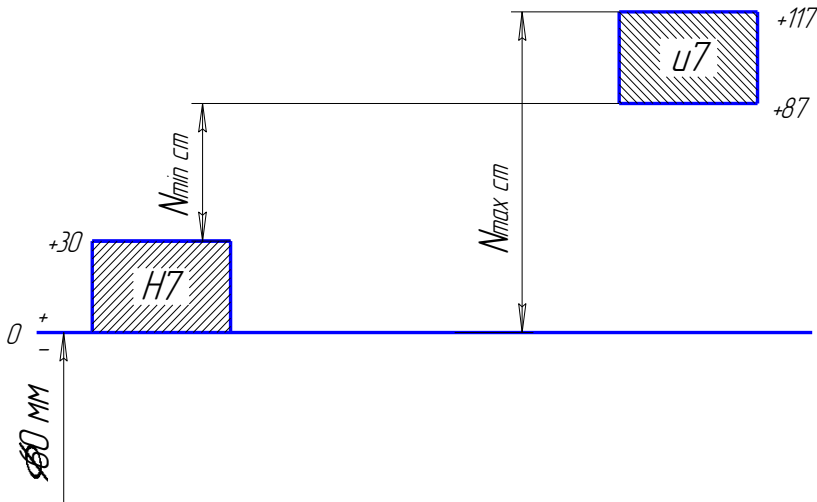
Умова (7) виконується. Тому посадку вибрано вірно.

2.3.1.6 Розраховуємо зусилля заpresування

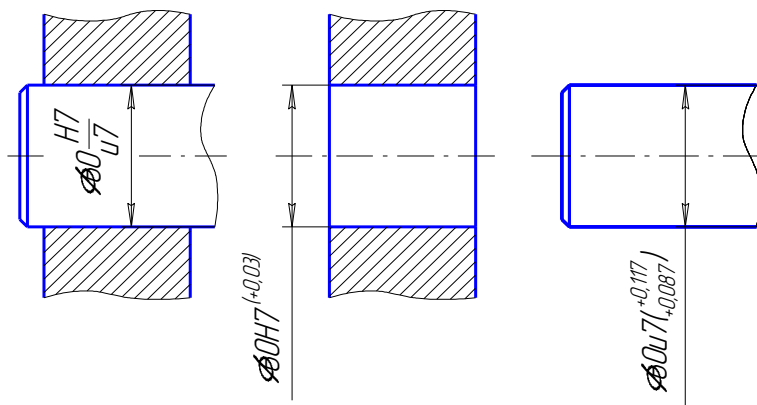
$$P_{\text{запр}} = P_{\text{max}} \pi d_n l f; \quad (10)$$

$$P_{\text{запр}} = 133 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \cdot 0,04 \cdot 0,085 = 85194 \text{ Н} = 85,2 \text{ кН}$$

2.3.1.7 За таблицями стандарту визначаємо граничні відхили отвору і валу, та будуємо схему полів допусків з'єднання



2.3.1.8 Викреслюємо ескізи з'єднання та його деталей і позначаємо на них посадку і розміри деталей з полями допусків і граничними відхилами



2.5 Питання для самоконтролю

1. ПИТОМИЙ ТИСК (НАПРУГА) В З'ЄДНАННЯХ З НАТЯГОМ УТВОРЮЄТЬСЯ ЗА РАХУНОК ДЕФОРМАЦІЙ:

- a) [] пластичних
- b) [] пружних

2. УМОВА ВИБОРУ ПОСАДКИ З НАТЯГОМ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ МІЦНІСТЬ З'ЄДНАННЯ ЦЕ:

- a) [] $P_{\max} < P_{\text{доп}}$
- b) [] $N_{\min \text{ см}} \geq N_{\text{розр}}$
- c) [] $h_{\min} > R_{\text{ZD}} + R_{\text{zd}}$

3. ПОСАДКИ З НАТЯГОМ ПРИЗНАЧАЮТЬСЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

- a) [] збирає мості з'єднання
- b) [] взаємного переміщення отвору і валу
- c) [] нерухомості з'єднання

4. ВІД ЗБІЛЬШЕННЯ ДІАМЕТРУ І ДОВЖИНИ З'ЄДНАННЯ ЗУСИЛЛЯ ЗАПРЕСУВАННЯ

- a) ☐ не змінюється
- b) ☐ зменшується
- c) ☐ збільшується

5. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ПОКАЗНИКИ МАТЕРІАЛУ ВІД ЯКИХ ЗАЛЕЖИТЬ МІЦНІСТЬ З'ЄДНАННЯ ЦЕ:

- a) ☐ α - коефіцієнт лінійного розширення
- b) ☐ E - модуль пружності
- c) ☐ σ_T - межа текучості

6. ВЗАЄМНА НЕРУХОМІСТЬ ОТВОРУ І ВАЛУ В ПОСАДКАХ З НАТЯГОМ ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ:

- a) ☐ зачепленням микронерівностей
- b) ☐ силами тертя поверхонь під тиском

7. ЗМІНАННЯ І ЗРІЗАННЯ МІКРО НЕРІВНОСТЕЙ НАТЯГ В З'ЄДНАННІ

- a) ☐ зменшує
- b) ☐ збільшує
- c) ☐ не змінює

8. УМОВА ВИБОРУ ПОСАДКИ З НАТЯГОМ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ НЕРУХОМІСТЬ ЦЕ:

- a) ☐ $N_{\min \text{ cm}} \geq N_{\text{розр}}$
- b) ☐ $h_{\min} > R_{ZD} + R_{zd}$
- c) ☐ $P_{\max} < P_{\text{доп}}$

9. ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ НАТЯГУ ЗУСИЛЛЯ ЗАПРЕСУВАННЯ

- a) [] не змінюється
- b) [] зменшується
- c) [] збільшується

10. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ПОКАЗНИКИ МАТЕРІАЛУ, ВІД ЯКИХ ЗАЛЕЖИТЬ НЕРУХОМІСТЬ ЦЕ

- a) [] α - коефіцієнт лінійного розширення
- b) [] $[\delta]$ - допустимий питомий тиск
- c) [] E - модуль пружності, f - коеф.тертя

ДОДАТОК А (обов'язковий)

Таблиця А.1 - Натяги посадок в системі отвору згідно (ДСТУ ISO 286 - 1 - 2002)

Основний отвір	Посадки	Натяги	Інтервали діаметрів, мм								
			від 1 до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 10	понад 10 до 14	понад 14 до 18	понад 18 до 24	понад 24 до 30	понад 30 до 40	понад 40 до 50
H6	<u>H6</u>	min	0	4	6	7	7	9	9	10	10
	<u>p5</u>	max	10	17	21	26	26	31	31	37	37
	<u>H6</u>	min	4	7	10	12	12	15	15	18	18
	<u>r5</u>	max	14	20	25	31	31	37	37	45	45
	<u>H6</u>	min	8	11	14	17	17	22	22	27	27
	<u>s5</u>	max	18	24	29	36	36	44	44	54	54
H7	<u>H7</u>	min	4	0	0	0	0	1	1	1	1
	<u>p6</u>	max	12	20	24	29	29	35	35	42	42
	<u>H7</u>	min	0	3	4	5	5	7	7	9	9
	<u>r6</u>	max	16	23	28	34	34	41	41	50	50
	<u>H7</u>	min	4	7	8	10	10	14	14	18	18
	<u>s6</u>	max	20	27	32	39	39	48	48	59	59
	<u>H7</u>	min	4	7	8	10	10	14	14	18	18
	<u>s7</u>	max	24	31	38	46	46	56	56	68	68
	<u>H7</u>	min	—	—	—	—	—	—	20	23	29
	<u>i7</u>	max	—	—	—	—	—	—	54	64	70
	<u>H7</u>	min	8	11	13	15	15	20	27	35	45
	<u>u7</u>	max	28	35	43	51	51	62	69	85	95
H8	<u>H8</u>	min	0	1	1	1	1	2	2	4	4
	<u>s8</u>	max	24	31	38	46	46	56	56	68	68
	<u>H8</u>	min	4	5	6	6	6	8	15	21	31
	<u>u8</u>	max	32	41	50	60	60	74	81	99	109
	<u>H8</u>	min	6	10	12	13	18	21	31	41	58
	<u>x8</u>	max	34	46	56	67	72	87	97	119	136
	<u>H8</u>	min	12	17	20	23	33	40	55	73	97
	<u>z8</u>	max	40	53	64	77	87	106	121	151	175

Продовження таблиці А.1

Основний отвір	Посадка	Назва	Інтервали діаметрів, мм							
			понад 50 до 65	понад 65 до 80	понад 80 до 100	понад 100 до 120	понад 120 до 140	понад 140 до 160	понад 160 до 180	понад 180 до 200
H6	H6	min	13	13	15	15	18	18	18	21
	p5	max	45	45	52	52	61	61	61	70
	H6	min	22	24	29	32	38	40	43	48
	r5	max	54	56	66	69	81	83	86	97
	H6	min	34	40	49	57	67	75	83	93
	s5	max	66	72	86	94	110	118	126	142
H7	H7	min	2	2	2	2	3	3	3	4
	p6	max	51	51	59	59	68	68	68	79
	H7	min	11	13	16	19	23	25	28	31
	r6	max	60	62	73	76	88	90	93	106
	H7	min	23	29	36	44	52	60	68	76
	s6	max	72	78	93	101	117	125	133	151
	H7	min	23	29	36	44	52	60	68	76
	s7	max	83	89	106	114	132	140	148	168
	H7	min	36	45	56	69	82	94	106	120
	t7	max	85	94	113	126	147	159	171	195
	H7	min	57	72	89	109	130	150	170	190
	u7	max	117	132	159	179	210	230	250	282
	H8	min	7	13	17	25	29	37	45	50
	s7	max	83	89	106	114	132	140	148	168
H8	H8	min	41	56	70	90	107	127	147	164
	u8	max	133	148	178	198	233	253	273	308
	H8	min	76	100	124	156	185	217	247	278
	x8	max	168	192	232	264	311	343	373	422
	H8	min	126	164	204	256	302	352	402	448
	z8	max	218	256	312	364	428	478	528	592

Продовження таблиці А.1

Основний отвір	Посадка	Напряги	Інтервали діаметрів, мм							
			понад 200 до 225	понад 225 до 250	понад 250 до 280	понад 280 до 315	понад 315 до 355	понад 355 до 400	понад 400 до 450	понад 450 до 500
H6	<u>H6</u>	min	21	21	24	24	26	26	28	28
	<u>p5</u>	max	70	70	79	79	87	87	95	95
	<u>H6</u>	min	51	55	62	66	72	78	86	92
	<u>r5</u>	max	100	104	117	121	133	139	153	159
	<u>H6</u>	min	101	111	126	138	154	172	192	212
	<u>s5</u>	max	150	160	181	193	215	233	259	279
H7	<u>H7</u>	min	4	4	4	4	5	5	5	5
	<u>p6</u>	max	79	79	88	88	98	98	108	108
	<u>H7</u>	min	34	38	42	46	51	57	63	69
	<u>r6</u>	max	109	113	126	130	144	150	166	172
	<u>H7</u>	min	84	94	106	118	133	151	169	189
	<u>s6</u>	max	159	169	190	202	226	244	272	292
	<u>H7</u>	min	84	94	106	118	133	151	169	189
	<u>s7</u>	max	176	186	210	222	247	265	295	315
	<u>H7</u>	min	134	150	166	188	211	237	267	297
	<u>t6</u>	max	209	225	250	272	304	330	370	400
H8	<u>H7</u>	min	212	238	263	298	333	378	427	477
	<u>u7</u>	max	304	330	367	402	447	492	553	603
	<u>H8</u>	min	58	68	77	89	101	119	135	155
	<u>s7</u>	max	176	186	210	222	247	265	295	315
	<u>H8</u>	min	186	212	234	269	301	346	393	443
	<u>u8</u>	max	330	356	396	431	479	524	587	637
	<u>H8</u>	min	313	353	394	444	501	571	643	723
	<u>x8</u>	max	457	497	556	606	679	749	837	917
	<u>H8</u>	min	503	568	629	709	811	911	1003	1153
	<u>z8</u>	max	647	712	791	871	989	1089	1197	1347

Примітка. □ — переважуючі посадки.

